2004-2018 年中国艾滋病发病与死亡趋势及其年龄-时期-队列模型分析

赵虹琳，李巧梅，李婷婷，丁国武*
甘肃省兰州市城关区兰州大学医学校区，730000，甘肃省兰州市，兰州大学公共卫生学院社会医学与卫生事业管理研究所
*通讯作者：丁国武，兰州大学公共卫生学院社会医学与卫生管理研究所所长，教授，Email: dinggw@lzu.edu.cn

【摘要】　背景　艾滋病作为一种极具危害性的传染病，分析其发病与死亡趋势并分析年龄、时期、队列三个因素对艾滋病发病与死亡的影响能够为制定艾滋病防控政策提供一定的参考价值。**目的**　分析 2004-2018 年中国艾滋病发病及死亡趋势，探究年龄、时期及队列对艾滋病发病及死亡的影响，以期能够为我国艾滋病防控工作提供参考建议。**方法**　收集中国公共卫生科学数据中心中 2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率的相关数据。运用 Joinpoint 回归模型分析发病率与死亡率变化趋势，并计算年度变化百分比（APC）及平均年度变化百分比（AAPC）；借助年龄-时期-队列模型分析年龄、时期及队列对艾滋病发病与死亡趋势的影响。**结果**　Joinpoint 回归模型结果显示，2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率均呈上升趋势，分别年均上升了 22.7％和 18.8％（P＜0.05）；年龄-时期-队列模型结果显示，年龄、时期及队列均对发病率及死亡率产生影响（均有 P＜0.05），2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率的纵向年龄曲线均呈“J”型上升趋势，分别从 0.0004/10 万上升至 2828.8285/10 万，随着时间的推移发病及死亡风险增加，RR 值分别从 0.3156 上升至 2.0244 和 0.3291 上升至 1.5226，越晚出生的队列发病及死亡风险越大，RR 值分别从 0.0001 上升至 471.3853 和 0.0001 上升至 93.6345。**结论**　2004-2018 中国艾滋病发病率及死亡率均呈上升趋势，需进一步加强艾滋病防治工作。

【关键词】艾滋病；发病率；死亡率；趋势分析；年龄-时期-队列模型
【中图分类号】R183.7

AIDS Incidence and Mortality Trends and Age-Time-Cohort Model Analysis in China from 2004 to 2018

ZHAOHonglin*,*LI Qiaomei*, *LITingting*, *DINGGuowu*
Institute of Social Medicine and Health Management, School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China
**Corresponding authors: Ding Guowu, Director of Institute of Social Medicine and Health Management, School of Public Health, Lanzhou University, Professor, Email: dinggw@lzu.edu.cn*

【Abstract】　Background AIDS is a very dangerous infectious disease. The analysis of its morbidity and mortality trend and the influence of age, period and cohort on the morbidity and mortality of AIDS can provide certain reference value for the formulation of AIDS related prevention and control policies.**Objective**　To analyze the trend of the prevalence and mortality of AIDS in China from 2004 to 2018, and to explore the impact of age, period and cohort on the incidence and mortality of AIDS, in the hope of providing reference for China's AIDS prevention and control work.**Methods**　The incidence and mortality data of AIDS in China from 2004 to 2018 were collected from the China Public Health Science Data Center. The Joinpoint regression model was used to analyze the trend of incidence and mortality, and annual percentage change (APC) and average annual percentage change (AAPC) were calculated. The Age-Period-Cohortmodel was used to analyze the influence of age, period and cohort onthe trend of AIDS incidence and mortality.**Results**　The results of Joinpoint regression model showed that the incidence and mortality of AIDS in China increased by 22.7% and 18.8% annually from 2004 to 2018 (P< 0.05). The results of the Age-Period-Cohort model showed that age, age and cohort all affected the morbidity and mortality (all P< 0.05). The longitudinal age curves of the morbidity and mortality of AIDS in China showed a j-shaped upward trend from 0.0004/100,000 to 2828.8285/100,000, respectively, from 2004 to 2018. With the passage of time, the risk of morbidity and mortality increased, and the RR increased from 0.3156 to 2.0244 and 0.3291 to 1.5226, respectively. The later the cohort was born, the higher the risk of morbidity and mortality was, the RR increased from 0.0001 to 471.3853 and 0.0001 to 93.6345, respectively.**Conclusion**　The incidence and mortality of AIDS in China were on the rise from 2004 to 2018,

and the prevention and treatment of AIDS should be further strengthened。

【Key words】AIDS; Incidence;Mortality; Trend analysis; Age - Period - Cohort mode

前言

艾滋病又可称为获得性免疫缺陷综合征（acquired immunodeficiency syndrome, AIDS），是由艾滋病病毒 (human immunodeficiency virus, HIV) 引起的一种病死率极高的恶性传染病[1]。尽管中国出台了“四免一关怀”政策[2]（免费治疗、免费自愿咨询和检测、免费预防母婴传播、艾滋病孤儿免费上学、为艾滋病/艾滋病毒患者提供社会救济），但我国的艾滋病防控仍面临严峻挑战，2003 年所有传染病造成的死亡总人数为 6474 人，其中 379 人死于艾滋病，是当年所有应报告疾病中的第五大死因（51 人）；2008 年，与艾滋病有关的死亡人数增加到 5389 人，并首次成为所有传染病中的主要死因（52 人）；2018 年艾滋病有 64170 例新发艾滋病患者，相关死亡人数增加到 18780 人，是所有其他传染病相关死亡人数总和（53 人）的 4.3 倍[3]；2017 年全球有近 3690 万名艾滋病毒感染者，94 万名与艾滋病有关的死亡和 180 万例新的艾滋病毒感染者[4]，由此可见艾滋病仍是全球范围最严重的公共卫生问题之一。Joinpoint 回归模型和年龄-时期-队列模型目前已被广泛应用于流行病的发病及死亡趋势分析，因此本研究将基于中国公共卫生科学数据中心现有数据 2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率并引入 Joinpoint 回归模型及年龄-时期-队列模型，对 2004-2018 年中国艾滋病发病与死亡趋势进行分析并探究年龄、时期及队列三个因素对艾滋病发病及死亡的影响，以期能够为中国艾滋病的防控提供参考建议。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究 2004-2018 年中国艾滋病各年龄组发病人数、发病率、死亡人数及死亡率数据来源于国家公共卫生科学数据中心 2004-2018 年的网络直报数据；由于 0～4 岁及 80 岁及以上年龄组的发病情况与死亡情况数据存在缺失，因此本研究选取年龄段为 5～79 岁的居民作为研究对象。

1.2 统计学方法

1.2.1 数据处理

本研究采用 Excel 2019 建立 2004-2018 年中国艾滋病发病及死亡数据库，并利用数据进行相关绘图。各年龄组标准人来源于国家统计局官方网站中的全国第六次人口普查数据；总人口由发病例数与发病率或死亡例数与死亡率计算而得；各年龄组标准化发病率及标准化死亡率分别由各年龄组粗发病率、粗死亡率与各年龄组标准人口构成比计算而得。

1.2.2Joinpoint 回归模型

本研究采用由美国国家癌症研究所开发的 Joinpoint4.9.0.1 软件对艾滋病的发病率及死亡率进行趋势分析，Joinpoint 回归模型的原理是通过对数线性模型进行拟合，将疾病的长期变化趋势科学的分成若干个线段，并通过 Monte Carlo 置换检验的方法判断连接点的个数、位置以及 P 值，根据修正贝叶斯信息准则选择最佳模型[5]，计算年度变化百分比（annual percent change，APC）、平均年度变化百分比(average annual percent change，AAPC)及 95% CI，若 APC>0，表示发病率/死亡率逐年递增，APC＜0，表示发病率/死亡率逐年递减，当无连接点时，则 APC=AAPC 时，发病率/死亡率呈单调上升/单调递减趋势[6]。检验水准$\alpha=0.05$（双侧）。

1.2.3 年龄-时期-队列模型分析

本研究采用由美国国家癌症研究所研发的基于 R 语言的网络年龄-时期-队列分析工具(https://analysistools.cancer.gov/apc/)分析年龄、时期、队列对艾滋病发病率与死亡率的影响。近几年国内国外已有许多将年龄-时期-队列模型应用于癌症、传染病的发病及死亡趋势的研究[7, 8]。年龄-时期-队列模型的一般表达式为：$Y = \alpha_o + \alpha X_a + \beta X_p + \gamma X_c + \varepsilon$，其中 Y 代表发病率或死亡率，$X_a$、$X_p$、$X_c$ 分别代表年龄、时期、出生年份，α、β、γ 分别代表年龄效应、时期效应、出生队列效应，α_o 为截距，ε 为残差，该模型要求年龄、时期和队列间隔一致[9]。本研究选取间隔为 5，其中年龄 5~79 岁分为 15 组，为提高发病及死亡风险的时间精度，本研究采用 2006、2011 及 2016 相隔 5 年的单年数据进行分析[10]，出生队列从 1929-2009 年共分为 17 组。年龄-时期-队列模型中，本研究计算以下几个主要的可估计的参数：（1）净变化值（Net Drift）：按时期和出生队列划分的总体对数线性趋势，即表示整体人群发病率/死亡率的 APC；（2）局部变化值（Local Drift）：各年龄组按时期和出生队列划分的对数线性趋势，即表示各年龄组发病率/死亡率的 APC[11]；（3）纵向年龄曲线（Longitudinal Age Curve）：调整时期偏差后特定年龄组的发病率/死亡率，可看作年龄效应；（4）时期率比（Period Rate Ratio）：相对于参照时期 P_0 的每个时期的特定年龄组的率比；（5）出生队列率比（Cohort Rate Ratio）：相对于参考队列 C_0 的每个队列中特定年龄组的率比[12]。采用 Waldχ^2 检验计算可估计函数的统计学意义，检验水准$\alpha=0.05$（双侧）。

1.2.4 年龄-时期-队列模型的共线性问题

由于该模型中年龄、时期、队列三个因素存在完全共线性，因此本研究采用内生因子法解决参数不可估计的问题，YANG[13]发现内生因子法的估计值与传统广义线性模型的估计值接近，但内生因子法具有不需要先验证信息假定的特点，且验证了内生因子估计值收敛且唯一。

2 结果

2.1 2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率总体变化趋势

2004-2018 年我国艾滋病发病率与死亡率均呈上升趋势。2004-2018 年我国艾滋病发病从 2004 年的 0.25/10 万上升至 2018 年的 4.96/10 万，死亡率从 2004 年的 0.06/10 万上升至 1.43/10 万。见图 1

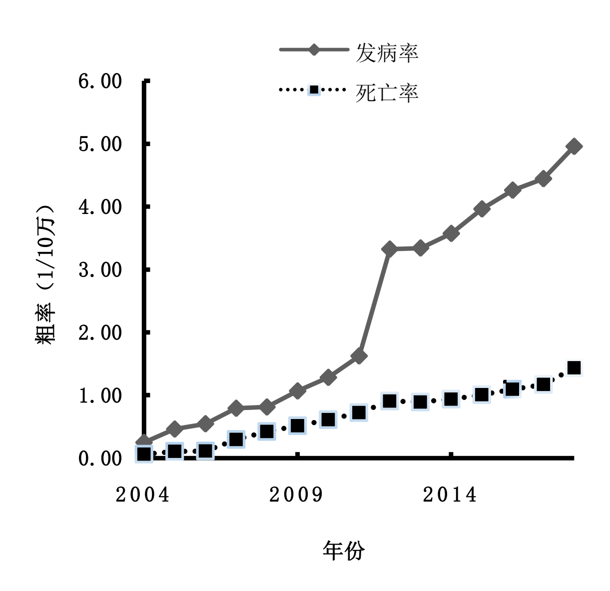


图 1　2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率变化趋势

Figure 1　Trend of AIDS incidence and mortality in China, 2004-2018

2.2 Joinpoingt 回归模型分析

从艾滋病发病率的 Joinpoint 回归分析模型结果看，模型优选最佳结果为 2012 年一个节点， 2004-2012 年艾滋病发病率呈上升趋势（APC=34.2％，95％CI=30.2％～38.2％），2012-2018 年艾滋病发病率呈上升趋势（APC=9.0％，95％CI=7.0％～11.1％），2004-2018 年整体我国艾滋病发病率年均上升 22.7％。从艾滋病死亡率的 Joinpint 回归模型结果看，模型优选最佳结果为 2010 年一个节点，2004-2010 年我国艾滋病死亡率上升（APC=34.5％，95％CI=16.3％～55.5％），2010-2018 年死亡率缓慢上升（APC=8.3％，95％CI=4.4％～12.4％），2004-2018 年我国艾滋病死亡率以年均 18.8％的速度上升。见表 1。

表 1　2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率的 Joinpoint 回归模型结果

Table 1　Joinpoint regression model results of AIDS incidence and mortality in China from 2004 to 2018

变量	年份	APC	95％CI	P	AAPC	95％CI	P
发病率	2004-2012	34.20	30.2～38.2	＜0.05	22.70	20.70～24.8	＜0.05
	2012-2018	9.00	7.0～11.1	＜0.05			
死亡率	2004-2010	34.50	16.3～55.5	＜0.05	18.80	12.10～25.9	＜0.05
	2010-2018	8.30	4.4～12.4	＜0.05			

2.3 年龄-时期-队列模型分析

年龄-时期-队列模型检验结果显示，2004-2018 年我国艾滋病发病率及死亡率的净变化、总年龄偏差、总时期偏差、总队列偏差、全时期 RR 值、全队列 RR 值及局部偏移均有统计学意义（均有 P＜0.001），说明我国艾滋病发病与死亡情况的年龄、时期、队列效应均显著。见表 2。

表 2　2004-2018 年中国艾滋病发病率与死亡率年龄-时期-队列模型检验结果

Table 2　Results of age-period-cohort model test of AIDS incidence and mortality in China from 2004 to 2018

零假设	发病率		死亡率	
	χ^2	P	χ^2	P
净变化（NetDrift）=0	722.1446	＜0.05	527.8095	＜0.05
总年龄偏差（All Age Deviations ）=0	151.9846	＜0.05	192.0454	＜0.05
总时期偏差（All Period Deviations）=0	28.8728	＜0.05	78.8152	＜0.05
总队列偏差（All Cohort Deviations）=0	51.7062	＜0.05	84.3093	＜0.05
全时期 RR=1	810.4624	＜0.05	530.5119	＜0.05
全队列 RR=1	923.3876	＜0.05	760.5601	＜0.05
所有局部变化（All Local Drifts）=净变化（Net Drift）	49.8481	＜0.05	83.3188	＜0.05

2.3.1 年龄效应分析

从年龄效应看，2004-2018 年我国艾滋病发病率和死亡率随着年龄的增大而升高，呈“J”型趋势。2004-2018 年我国艾滋病发病率 5～49 岁处于缓慢上升趋势，从 50-54 岁年龄组开始上升速度加快，其中 64～69 岁年龄组后上升速度相对较快，在 75～79 岁年龄组达到高峰。2004-2018 年我国艾滋病死亡率从 5～9 岁年龄组的 0.0004/10 万上升至 75～79 岁年龄组的 740.2974/10 万，在 5～49 岁处于较低水平，自 45～49 岁年龄组开始上升速度加快，于 75～79 岁年龄组达到峰值。见图 2 和图 3。

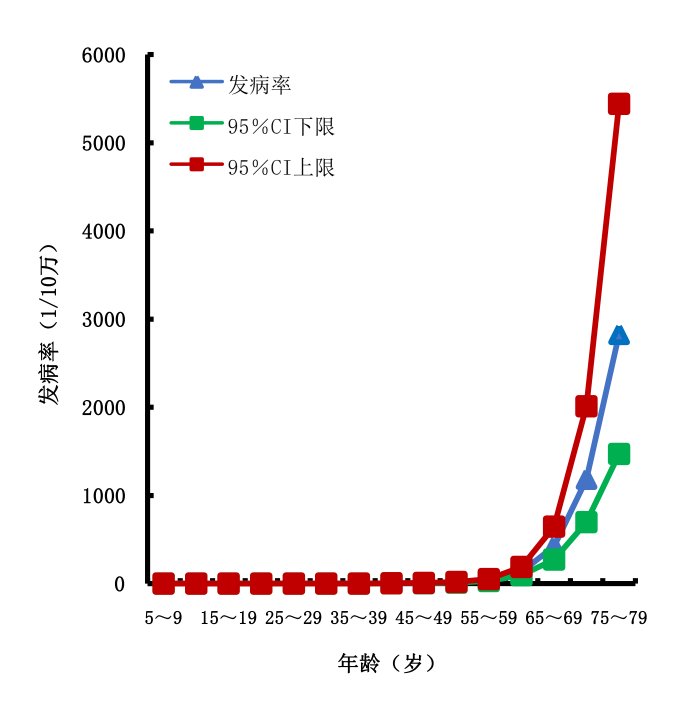


图 2　2004-2018 年中国艾滋病发病率的纵向年龄曲线

Figure 2　Longitudinal age curves of HIV/AIDS incidence in China, 2004-2018

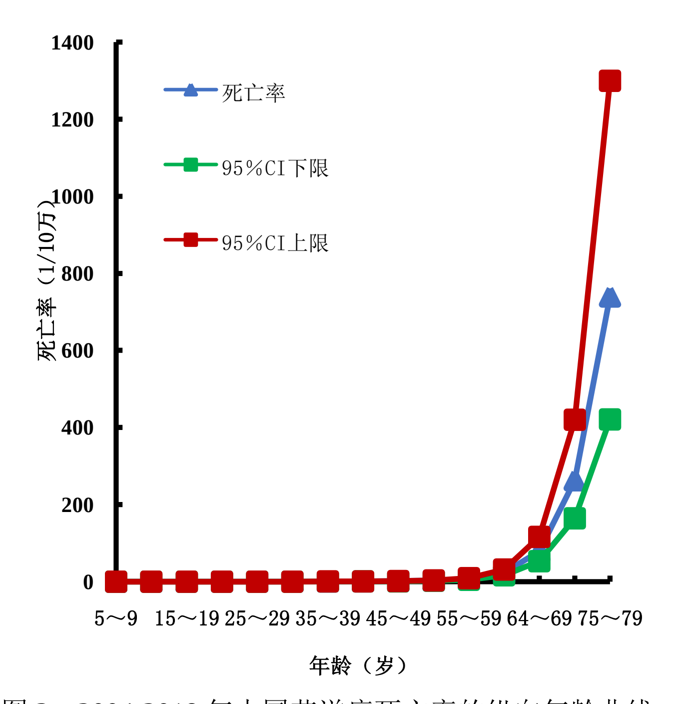


图 3　2004-2018 年中国艾滋病死亡率的纵向年龄曲线

Figure 3　Longitudinal age curves of AIDS mortality in China, 2004-2018

2.3.2 时期效应分析

从时期效应看，2004-2018 年我国艾滋病发病率及死亡率的时期变化 RR 值随着年份的推移而增加，以 2007-2011 年时期组为对照组，即时期率比 RR=1，发病及死亡的风险（均在 2012-2016 年间达到峰值，即发病风险 RR=2.0244（95％CI=1.8771～2.1832），死亡风险 RR=1.5226（95％CI=1.4128～1.6409）。见图 4 和图 5。

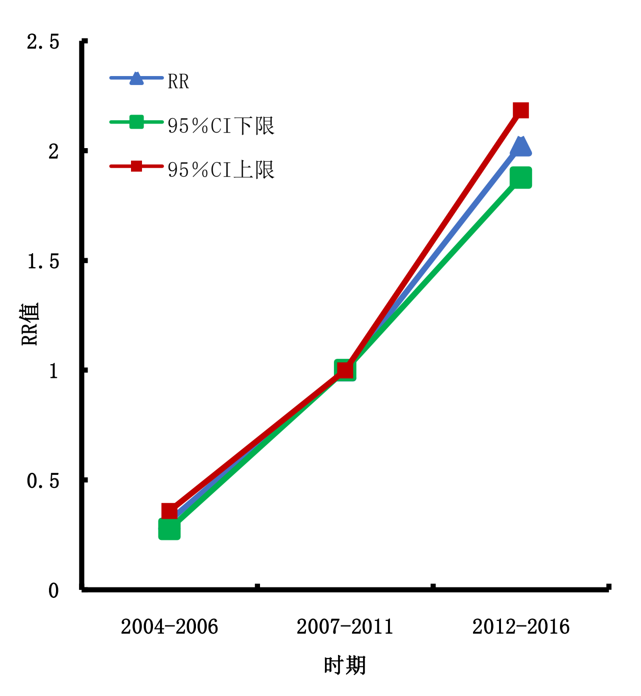


图 4　中国艾滋病发病率的时期效应

Figure 4　Period effects of HIV incidence in China

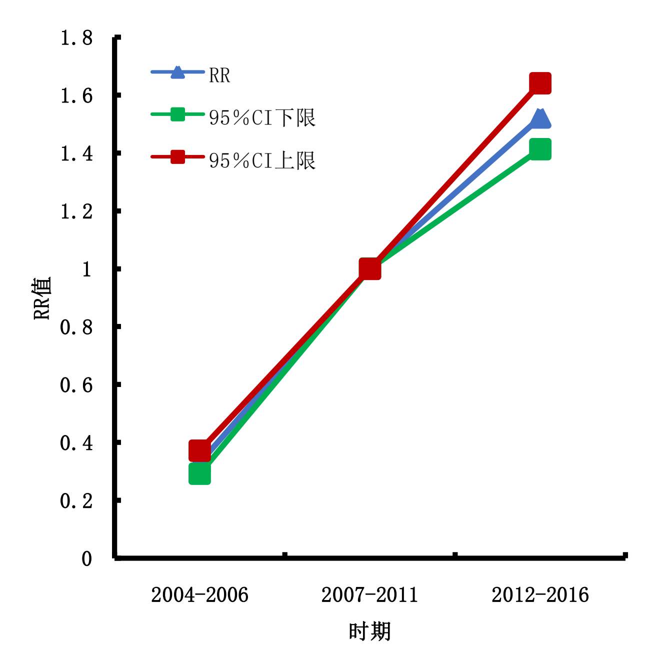


图 5　中国艾滋病死亡率的时期效应

Figure 5　Period effects of AIDS mortality in China

2.3.3 队列效应分析

从出生队列效应看，2004-2018 年我国艾滋病发病与死亡风险均出生队列效应均呈上升趋势，以 1964-1969 年为对照组，即出生队列率比 RR=1，1929-1968 年发病与死亡的 RR 值均<1，呈缓慢增长趋势，1968 年后随着时间的推移增长速度逐渐加快，2004-2008 年均略有所下降，2009-2013 年的发病与死亡风险达到峰值，分别为 RR=471.3853（95%CI=118.5243～1874.7556）和 RR=93.6345（95%CI=21.1680～414.1824）。见图 6 和图 7。

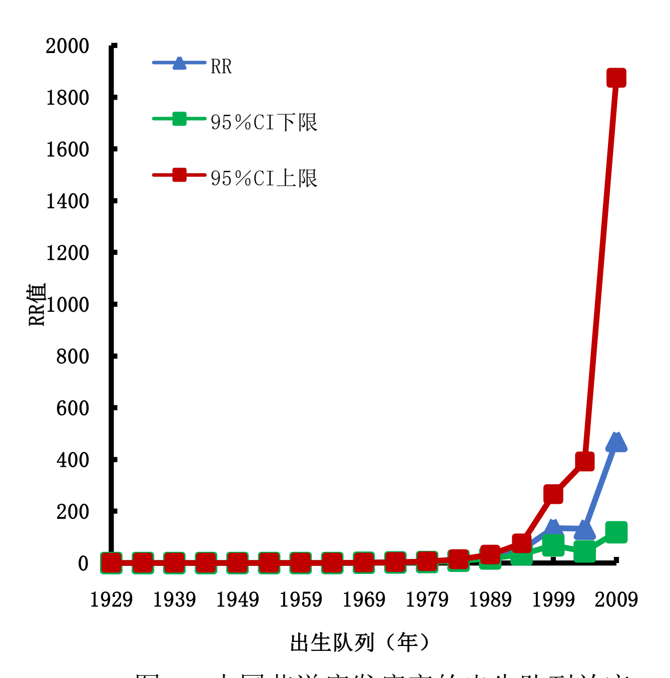


图 6　中国艾滋病发病率的出生队列效应

Figure 6　Birth cohort effect of HIV incidence in China

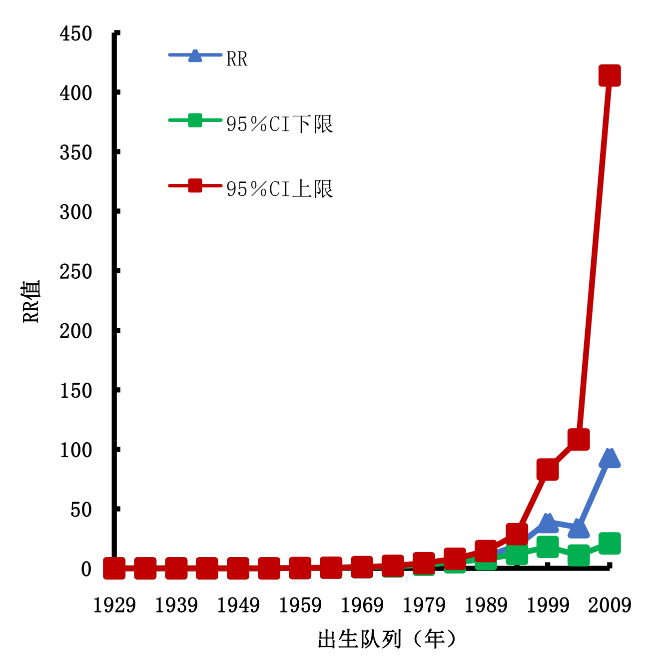


图 7　中国艾滋病死亡率的出生队列效应

Figure 7　Birth cohort effect on AIDS mortality in China

3 讨论

本研究采用 Joinpoint 回归模型和年龄-时期-队列模型分析 2004-2018 年中国艾滋病发病与死亡趋势并分析年龄、时期和出生队列三个维度对艾滋病发病及死亡趋势的影响。通过 Joinpoint 回归模型结果显示，2004-2018 年我国艾滋病发病率与死亡率均呈上升趋势，分别年均上升 22.7%和 18.8%（均有 $P<0.05$）。可能与我国艾滋病防控相关政策逐步完善有关，2004 年我国开展“四免一关怀”政策、2006 年《艾滋病防治条例》的出台、2012 年颁布的《中国遏制与防治艾滋病“十二五”行动计划》与 2017 年颁布的《中国遏制与防治艾滋病“十三五”行动计划》中均提出“扩大监测覆盖面，最大限度发现感染者”的防治措施[14]，HIV 抗体筛查在全国范围的实行使得艾滋病患者的新发病例数上升，且目前尚未出现能够彻底清除 HIV 病毒的治疗方法，加之我国艾滋病治疗药物的种类有限，耐药现象也日渐凸显[15]，因此艾滋病的死亡率也呈现上升趋势。

年龄-时期-队列模型检验结果显示，2004-2018 年我国艾滋病发病率与死亡率均受到年龄、时期及出生队列的影响（均有 $P<0.05$）。从纵向年龄曲线看，随着年龄的增长，艾滋病发病与死亡风险均呈显著上升趋势。在艾滋病流行的早期阶段，青年群体是艾滋病的重点人群，健康教育宣传活动往往向年轻人倾斜而忽略老年群体，导致老年群体对艾滋病相关知识相对缺乏[16]，有调查研究[17]表明老年人艾滋病知晓率较低，感染 HIV 的风险意识降低。同时，老年群体的性需求往往会被其伴侣和社会所忽略，但随着居民生活水平的不断改善，老年人的身体状态较以往有了提高，该群体的性需求依旧活跃[18]，且无措施的性交该群体中较常见，因此危险性行为加剧了艾滋病在中老年群体的流行。已有研究[19]证实较高的血红蛋白水平与降低艾滋病死亡风险有着密切关系，而 50 岁以上群体的贫血患病率较高[20]，其在感染艾滋病毒后更易出现较长时间的贫血，艾滋病死亡风险也就相应增加，还可能的原因是大量艾滋病患者在接受抗逆转录病毒治疗后存活多年，病程延长，逐渐进入老龄阶段，艾滋病相关疾病和其他疾病开始导致死亡[21]，也有可能与老年群体机体免疫功能下降有关。

时期效应是指某特定的时期自然条件或社会环境发生变化而导致的发病/死亡发生的风险[22]。根据本研究 APC 模型结果显示，艾滋病发病与死亡的风险随着时间的推移逐渐上升。在 2004 年前，我国开展 HIV 感染者随访管理的规定尚未形成统一标准，导致随访执行效果不理想，且由于检测实行自愿原则，能够找到的感染者人数比实际人数少[15]，而在过去十年中国实施了各种检测策略，随着时间的推移自愿咨询和检测（VCT）站点的成倍增加，高危人群 VTC 的推进、医疗机构筛查扩大、社会组织检测动员、重点人群自我检测等[23]措施的实施使得我国艾滋病毒的检测率大幅提升使得我国诊断发现的艾滋病患者不断累计增加，且由于艾滋病毒的潜伏期在 8～9 年，因此大量早期诊断的 HIV 感染者随着时间的延长进展到艾滋病阶段[21]。其次，CD_4 水平及诊断时机是艾滋病患者抗逆转录病毒治疗疗效非常重要的影响因素[24]，CD_4 计数越高且越早治疗则死亡风险越低，已有研究证实超 1/3 新确证的艾滋病患者其 CD_4 计数偏低[25, 26]，另一项横断面研究[27]报告显示，在 2012 年至 2016 年间新诊断的 45000 名艾滋病毒

感染者中，超 70％为晚期就诊，45%患有晚期 HIV 疾病，因此在今后的艾滋病防治工作中要更加注重早诊断早治疗。随着经济的迅速扩张、城市化和全球化，全国各地许多农村地区的居民渐渐迁移到城市工作生活，这些流动人口中大多是年轻人，性活跃但自我保护意识薄弱，危险性行为的发生导致 HIV 感染的可能性上升，艾滋病发病率及死亡率也就上升[28-30]。

队列效应反映了生命早期环境的变化，并假定同一出生队列中的人同样暴露于某种疾病的危险因素而导致疾病发病/死亡的风险[31]。本研究结果显示，我国艾滋病发病及死亡风险在 1929-2013 年出生队列中呈不断上升趋势，1929-1983 处于较低水平，从 1984-1988 年后开始发病及死亡风险上升趋势逐渐明显。随着 1981 年全球首例艾滋病被报告，艾滋病被世界所认识。我国艾滋病流行相较于其他国家而言较晚，我国艾滋病流行史可追溯至三十余年前，1985 年中国首次发现 4 例艾滋病患者，1989 年在云南瑞丽县戒毒中心检测出因共享毒品注射设备而导致的 79 例艾滋病病毒的聚集性病例。此外，在 1994 年末至 1995 年初商业血浆收集站在全国建立起来，尤其是在我国中部和东部一些贫困的农村地区较为集中，有偿血浆捐赠的方式吸引了收入较低的农民，其中一部分人为了追求更多利益而选择捐更多血浆，而捐的血浆越多则 HIV 感染风险也就越高，且重复使用未经消毒的设备的危险行为使得前血浆供体的交叉感染迅速传播开来[32-34]，这更加重了艾滋病的流行。性传播是艾滋病毒传播的一个重要途径，我国经异性性传播感染艾滋病毒的病例逐年上升[35]，此外，我国男男性行为导致的艾滋病毒感染率已超过注射吸毒行为，且有研究[36]显示，中国男男性行为者的艾滋病毒流行率。随着同性恋在社会得到更多的理解和接受以及互联网的飞速发展，男男性行为者通过男同社交媒体与多名性伴侣见面，以及越来越多的同性恋酒吧、俱乐部和其他场所的出现都为艾滋病的传播提供了条件[37]，且高风险行为在该群体中也较为常见，一项对中国 2250 名男男性行为者的性行为进行的研究[38]表明，仅 40%的男男性行为者在过去 6 个月内持续使用避孕套进行肛交行为，且迫于中国父母传统思想的影响以及与同性恋相关的耻辱感，部分男男性行为者选择与异性结婚，且只有 25.6％的男男性行为者在过去 6 月内与女性发生性关系会持续使用避孕套，因此男男性行为者还有可能将艾滋病毒传播至其女性伴侣甚至传至下一代[39]。此外，研究[40]显示该群体并不倾向于每年定期进行 HIV 检测，甚至有部分感染者之前从未接受过 HIV 检测，这也可能会导致艾滋病发病及死亡风险的上升。

综上所述，2004-2018 年我国艾滋病发病率与死亡率总体均呈上升趋势，老年群体是高危人群，针对该群体可开展形式多元化、便于理解且覆盖面广的宣传教育活动，呼吁子女主动关心老年人群的精神生活，给予更多理解和包容，正确引导老人培养兴趣爱好，丰富精神世界；加强并促进安全套使用和安全性行为教育可有效提高中国男男性行为者的 HIV 检测意识，自我检测试剂盒的推广可使男男性行为者在家进行自我 HIV 检测。加强主动筛查并且开展艾滋病的早发现、早诊断、早治疗，从整体上降低艾滋病的发病率及死亡率。

本研究局限性：由于存在数据缺失，未能将 0～4 岁、80 岁及以上人群纳入研究，且由于数据限制未对不同性别及地区进行艾滋病发病及死亡情况进行分析。

4 作者贡献

（1）赵虹琳负责文章整体构思与涉及，数据收集与数据处理，文章撰写与修改；

（2）李巧梅负责对文章提出修改意见；

（3）李婷婷负责部分数据的整理；

（4）丁国武负责文章质量的控制和监督。

5 利益冲突情况

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 孙舒曼，李智明，张辉国，等. 2011-2016年中国艾滋病疫情时空特征分析[J]. 中华疾病控制杂志，2018,22(12):1207-1210.

[2] Xu B, Li J, Wang M. Epidemiological and time series analysis on the incidence and death of AIDS and HIV in China[J]. BMC Public Health, 2020,20(1):1906.

[3] Wu Z, Chen J, Scott S R, et al. History of the HIV Epidemic in China[J]. Curr HIV/AIDS Rep, 2019,16(6):458-466.

[4] Qiao Y C, Xu Y, Jiang D X, et al. Epidemiological analyses of regional and age differences of HIV/AIDS prevalence in China, 2004-2016[J]. Int J Infect Dis, 2019,81:215-220.

[5] Kim H J, Fay M P, Feuer E J, et al. Permutation tests for joinpoint regression with applications to cancer rates[J]. Stat Med, 2000,19(3):335-351.

[6] 桑祎莹，易静，汪洋. 中国城乡2003-2017年糖尿病死亡趋势的JoinPoint回归分析[J]. 中国预防医学杂志，2020,21(07):744-748.

[7] 刘应焱，李胜，郝莲，等. 2005—2019年中国居民肺炎死亡趋势分析——基于年龄-时期-队列模型[J]. 卫生经济研究，

2021,38(10):64-70.
[8] Etxeberria J, Goicoa T, López-Abente G, et al. Spatial gender-age-period-cohort analysis of pancreatic cancer mortality in Spain (1990-2013)[J]. PLoS One, 2017,12(2):e169751.
[9] 李胜，刘应焱，王红英，等. 2005—2019年中国溺水死亡现状及趋势分析[J]. 现代预防医学, 2021,48(15):2705-2709.
[10] 侯皓，裴一霏，俞斌，等. 2004－2019年中国农村人群自杀死亡趋势的年龄-时期-队列模型分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2022,26(01):34-39.
[11] Wang Z, Hu S, Sang S, et al. Age-Period-Cohort Analysis of Stroke Mortality in China: Data From the Global Burden of Disease Study 2013[J]. Stroke, 2017,48(2):271-275.
[12] 王鹏举，余莉，王一卉，等. 2004－2017年全国0～10岁人群乙型肝炎发病趋势[J]. 中华疾病控制杂志, 2021,25(05):571-576.
[13] YANG Y, FU J W, LAND K C. A methodological comparison of age-period-cohort models：the intrinsic estimator and conventional generalized linear models[J]. 2004,34:75-110.
[14] 郑灵巧，陈清峰，沈洁. 中国艾滋病防治政策与策略发展历程回溯[J]. 中国艾滋病性病, 2019,25(07):657-661.
[15] 吴尊友. 中国防治艾滋病30年主要成就与挑战[J]. 中华流行病学杂志, 2015,36(12):1329-1331.
[16] Yuan F S, Liu L, Liu L H, et al. Epidemiological and spatiotemporal analyses of HIV/AIDS prevalence among older adults in Sichuan, China between 2008 and 2019: A population-based study[J]. Int J Infect Dis, 2021,105:769-775.
[17] 尹寒露，王旭雯，孟晓军，等. 2004-2018年无锡市老年艾滋病病毒感染者和艾滋病病人流行病学特征分析[J]. 现代预防医学, 2020,47(18):3292-3296.
[18] 陈亮，连巧龄，张明雅. 福建省≥60岁艾滋病病毒感染者/艾滋病患者流行病学特征分析[J]. 中国公共卫生, 2021,37(08):1205-1208.
[19] Wang D, Hou X, Yu X, et al. Plasma hemoglobin and the risk of death in HIV/AIDS patients treated with antiretroviral therapy[J]. Aging (Albany NY), 2021,13(9):13061-13072.
[20] Guralnik J M, Eisenstaedt R S, Ferrucci L, et al. Prevalence of anemia in persons 65 years and older in the United States: evidence for a high rate of unexplained anemia[J]. Blood, 2004,104(8):2263-2268.
[21] 蔡畅，汤后林，李东民，等. 我国艾滋病患者的死亡趋势及其相关危险因素分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021,42(01):121-125.
[22] 许忠宇. 2001~2015年深圳市肺癌发病的年龄—时期—队列模型分析[D]. 武汉：华中科技大学, 2018.
[23] Xu J J, Han M J, Jiang Y J, et al. Prevention and control of HIV/AIDS in China: lessons from the past three decades[J]. Chin Med J (Engl), 2021,134(23):2799-2809.
[24] Zhao Y, Wu Z, McGoogan J M, et al. Nationwide Cohort Study of Antiretroviral Therapy Timing: Treatment Dropout and Virological Failure in China, 2011-2015[J]. Clin Infect Dis, 2019,68(1):43-50.
[25] Gao D, Zou Z, Zhang W, et al. Age-Period-Cohort Analysis of HIV Mortality in China: Data from the Global Burden of Disease Study 2016[J]. Sci Rep, 2020,10(1):7065.
[26] Shen Y, Lu H, Wang Z, et al. Analysis of the immunologic status of a newly diagnosed HIV positive population in China[J]. BMC Infect Dis, 2013,13:429.
[27] Hu X, Liang B, Zhou C, et al. HIV late presentation and advanced HIV disease among patients with newly diagnosed HIV/AIDS in Southwestern China: a large-scale cross-sectional study[J]. AIDS Res Ther, 2019,16(1):6.
[28] He N. Sociodemographic characteristics, sexual behavior, and HIV risks of rural-to-urban migrants in China[J]. Biosci Trends, 2007,1(2):72-80.
[29] Cai R, Richardus J H, Looman C W, et al. Trends in high-risk sexual behaviors among general population groups in China: a systematic review[J]. PLoS One, 2013,8(11):e79320.
[30] 秦倩倩，王璐，丁正伟，等. 中国2008-2011年流动人群艾滋病疫情分析[J]. 中华流行病学杂志, 2013(01):41-43.
[31] Lu Z, Ji W, Yin Y, et al. Analysis on the trend of AIDS incidence in Zhejiang, China based on the age-period-cohort model (2004-2018)[J]. BMC Public Health, 2021,21(1):1077.
[32] Ji G, Detels R, Wu Z, et al. Correlates of HIV infection among former blood/plasma donors in rural China[J]. AIDS, 2006,20(4):585-591.
[33] Sheng L, Cao W K. HIV/AIDS epidemiology and prevention in China[J]. Chin Med J (Engl), 2008,121(13):1230-1236.
[34] Gao D, Li H, Wang K. The development of a legal framework for blood donation and blood safety in China over 24 years[J]. BMC Health Serv Res, 2020,20(1):1099.

[35] 王丽艳，丁正伟，秦倩倩，等. 2008-2014年中国艾滋病经异性性途径传播的流行特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2015,36(12):1332-1336.

[36] Dong M J, Peng B, Liu Z F, et al. The prevalence of HIV among MSM in China: a large-scale systematic analysis[J]. BMC Infect Dis, 2019,19(1):1000.

[37] Chow E P, Wilson D P, Zhang J, et al. Human immunodeficiency virus prevalence is increasing among men who have sex with men in China: findings from a review and meta-analysis[J]. Sex Transm Dis, 2011,38(9):845-857.

[38] 张北川，李秀芳，储全胜，等. 中国9城市2250例男男性接触者HIV/AIDS相关状况调查概况[J]. 中国艾滋病性病, 2008,14(06):541-547.

[39] Meng X, Zou H, Beck J, et al. Trends in HIV prevalence among men who have sex with men in China 2003-09: a systematic review and meta-analysis[J]. Sex Health, 2013,10(3):211-219.

[40] Liu Z, Chen Y, Yao T, et al. Factors related to HIV testing frequency in MSM based on the 2011-2018 survey in Tianjin, China: a hint for risk reduction strategy[J]. BMC Public Health, 2021,21(1):1900.